

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7038621号
(P7038621)

(45)発行日 令和4年3月18日(2022.3.18)

(24)登録日 令和4年3月10日(2022.3.10)

(51)国際特許分類 F I
G 0 1 B 11/00 (2006.01) G 0 1 B 11/00 B

請求項の数 7 (全16頁)

(21)出願番号	特願2018-136764(P2018-136764)	(73)特許権者	000219967 東京エレクトロン株式会社 東京都港区赤坂五丁目3番1号
(22)出願日	平成30年7月20日(2018.7.20)	(74)代理人	110002147 特許業務法人酒井国際特許事務所
(65)公開番号	特開2020-12785(P2020-12785A)	(72)発明者	杉田 吉平 宮城県黒川郡大和町テクノヒルズ1番 東京エレクトロン宮城株式会社内
(43)公開日	令和2年1月23日(2020.1.23)	(72)発明者	永井 健治 宮城県黒川郡大和町テクノヒルズ1番 東京エレクトロン宮城株式会社内
審査請求日	令和3年2月4日(2021.2.4)	審査官	信田 昌男

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 位置測定装置および位置測定方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

内部空間が形成されるチャンバに形成される窓を介して前記チャンバの外部から前記内部空間に出射光を出射するチャンバ外装置と、
前記内部空間に配置される載置台に載置されるベースウェハと、
前記ベースウェハに固定される光回路とを備え、
前記光回路は、
前記出射光が沿う第1直線と平行でない第2直線に沿う入射光に前記出射光を変換し、
前記入射光を対象に入射させ、
前記入射光が前記対象で反射した反射光を、前記第1直線に沿う測定光に変換し、
前記チャンバ外装置は、前記窓を介して前記測定光を受光する
位置測定装置。

【請求項2】

前記光回路は、
前記出射光を第1伝送光に変換する第1光学機器と、
前記第1伝送光を第2光学機器に伝送する光伝送部とを備え、
前記第2光学機器は、前記第1伝送光を前記入射光に変換し、前記反射光を第2伝送光に変換し、
前記光伝送部は、さらに、前記第2伝送光を前記第1光学機器に伝送し、
前記第1光学機器は、前記第2伝送光を前記測定光に変換する

請求項 1 に記載の位置測定装置。

【請求項 3】

前記ベースウェハに固定される第 1 光回路と、
前記ベースウェハに固定される第 2 光回路とをさらに備え、
前記第 1 光回路は、
前記チャンバ外装置から出射される第 1 出射光が沿う第 3 直線と平行でない第 4 直線に沿う第 1 入射光に前記第 1 出射光を変換し、
前記第 1 入射光を前記対象に入射させ、

前記第 1 入射光が前記対象で反射した第 1 反射光を、前記第 3 直線に沿う第 1 測定光に変換し、

10

前記第 2 光回路は、

前記チャンバ外装置から出射される第 2 出射光が沿う第 5 直線と平行でない第 6 直線に沿う第 2 入射光に前記第 2 出射光を変換し、
前記第 2 入射光を前記対象に入射させ、

前記第 2 入射光が前記対象で反射した第 2 反射光を、前記第 5 直線に沿う第 2 測定光に変換する

請求項 2 に記載の位置測定装置。

【請求項 4】

前記対象のうちの前記入射光と前記第 1 入射光と前記第 2 入射光とがそれぞれ反射する 3 つの領域は、1 つの直線上に配置される

20

請求項 3 に記載の位置測定装置。

【請求項 5】

前記チャンバ外装置は、
前記出射光を出射し、前記測定光を受光する第 1 出射受光部と、
前記第 1 出射光を出射し、前記第 1 測定光を受光する第 2 出射受光部と、
前記第 2 出射光を出射し、前記第 2 測定光を受光する第 3 出射受光部とを有し、
前記第 2 出射受光部と前記第 3 出射受光部とは、前記第 1 出射受光部に固定される
請求項 3 または請求項 4 に記載の位置測定装置。

【請求項 6】

前記ベースウェハは、周縁にノッチまたはオリエンテーションフラットが形成される
請求項 1 ~ 請求項 5 のいずれか一項に記載の位置測定装置。

30

【請求項 7】

請求項 1 ~ 請求項 6 のいずれか一項に記載の位置測定装置を用いて実行される位置測定方法であり、

前記ベースウェハが前記載置台に載置されるように前記ベースウェハを前記外部から前記内部空間に搬入することと、

前記ベースウェハが前記載置台に載置された状態で、前記チャンバ外装置から前記光回路に前記出射光を出射することと、

前記測定光に基づいて前記対象の位置を算出すること

とを備える位置測定方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、位置測定装置および位置測定方法に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体基板がプラズマ処理されるチャンバの内部に配置される対象物の位置を検出する位置測定装置が知られている（特許文献 1 参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

50

【 0 0 0 3 】

【文献】特開 2 0 1 8 - 5 4 5 0 0 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 4 】

本開示は、チャンバの内部空間に配置される対象の位置を容易に測定する位置測定装置および位置測定方法を提供する。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 5 】

本開示の一態様による位置測定装置は、内部空間が形成されるチャンバに形成される窓を介してチャンバの外部から内部空間に出射光を出射するチャンバ外装置と、内部空間に配置される載置台上に載置されるベースウェハと、光回路とを備えている。光回路は、ベースウェハに固定され、出射光が沿う第 1 直線と平行でない第 2 直線に沿う入射光に出射光を変換し、入射光が入射された対象を反射した反射光を、第 1 直線に沿う測定光に変換する。チャンバ外装置は、窓を介して測定光を受光する。

10

【発明の効果】

【 0 0 0 6 】

本開示によれば、チャンバの内部空間に配置される対象の位置を容易に測定することができる。

【図面の簡単な説明】

20

【 0 0 0 7 】

【図 1】図 1 は、実施形態の位置測定装置の一例を示す斜視図である。

【図 2】図 2 は、実施形態の位置測定装置の垂直フォーカサの一例を示す断面図である。

【図 3】図 3 は、実施形態の位置測定装置の測定器の一例を示すブロック図である。

【図 4】図 4 は、実施形態の位置測定装置が利用される基板処理装置の一例を示す断面図である。

【図 5】図 5 は、実施形態の位置測定装置のチャンバ内装置が基板処理装置の内部空間に搬入されるときチャンバの一例を示す断面図である。

【図 6】図 6 は、実施形態の位置測定装置のチャンバ内装置が載置台上に適切に載置されたときのチャンバの一例を示す断面図である。

30

【図 7】図 7 は、垂直フォーカサに伝送された光の光路の一例を示す断面図である。

【図 8】図 8 は、プリズムのプリズム上面と上部電極の載置台対向面と裏面とを反射して測定器に伝送された光における波長に対する強度の分布の一例を示すグラフである。

【図 9】図 9 は、波長掃引型光源から出力される光における波長に対する強度の分布の一例を示すグラフである。

【図 1 0】図 1 0 は、測定器 5 に伝送された光を解析して得られた 1 / 2 光路長に対する強度の分布の一例を示すグラフである。

【図 1 1】図 1 1 は、距離測定試験における測定長と上部電極駆動距離との関係の一例を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

40

【 0 0 0 8 】

以下に、開示する位置測定装置および位置測定方法の実施例について、図面に基づいて詳細に説明する。

【 0 0 0 9 】

[位置測定装置 1 の構成]

図 1 は、実施形態の位置測定装置 1 の一例を示す斜視図である。位置測定装置 1 は、図 1 に示されているように、チャンバ外装置 2 とチャンバ内装置 3 とを備えている。チャンバ外装置 2 は、測定器 5 と複数のコリメータ 6 - 1 ~ 6 - 3 と複数の光ファイバ 7 - 1 ~ 7 - 3 とを備えている。複数のコリメータ 6 - 1 ~ 6 - 3 のうちのコリメータ 6 - 1 は、複数の光ファイバ 7 - 1 ~ 7 - 3 のうちのコリメータ 7 - 1 を介して測定器 5 に接続されて

50

いる。

【 0 0 1 0 】

コリメータ 6 - 1 は、出射受光口 8 - 1 が形成されている。コリメータ 6 - 1 は、光ファイバ 7 - 1 を介して測定器 5 から伝送される光を平行光線に変換し、その変換された平行光線を出射受光口 8 - 1 から出射する。コリメータ 6 - 1 は、さらに、出射受光口 8 - 1 に入射する光を、光ファイバ 7 - 1 を介して測定器 5 に伝送する。

【 0 0 1 1 】

複数のコリメータ 6 - 1 ~ 6 - 3 のうちのコリメータ 6 - 2 は、複数の光ファイバ 7 - 1 ~ 7 - 3 のうちの光ファイバ 7 - 2 を介して測定器 5 に接続されている。コリメータ 6 - 2 は、出射受光口 8 - 2 が形成され、光ファイバ 7 - 2 を介して測定器 5 から伝送される光を平行光線に変換し、その変換された平行光線を出射受光口 8 - 2 から出射する。コリメータ 6 - 2 は、さらに、出射受光口 8 - 2 に入射する光を、光ファイバ 7 - 2 を介して測定器 5 に伝送する。コリメータ 6 - 2 は、出射受光口 8 - 2 から出射される平行光線が沿う直線 10 - 2 が、出射受光口 8 - 1 から出射される平行光線が沿う直線 10 - 1 に平行になるように、配置され、コリメータ 6 - 1 に固定されている。

10

【 0 0 1 2 】

複数のコリメータ 6 - 1 ~ 6 - 3 のうちのコリメータ 6 - 3 は、複数の光ファイバ 7 - 1 ~ 7 - 3 のうちの光ファイバ 7 - 3 を介して測定器 5 に接続されている。コリメータ 6 - 3 は、出射受光口 8 - 3 が形成され、光ファイバ 7 - 3 を介して測定器 5 から伝送される光を平行光線に変換し、その変換された平行光線を出射受光口 8 - 3 から出射する。コリメータ 6 - 3 は、さらに、出射受光口 8 - 3 に入射する光を、光ファイバ 7 - 3 を介して測定器 5 に伝送する。コリメータ 6 - 3 は、出射受光口 8 - 3 から出射される平行光線が沿う直線 10 - 3 が直線 10 - 1 に平行になるように、かつ、直線 10 - 2 が直線 10 - 1 と直線 10 - 3 との間に配置されるように、配置されている。コリメータ 6 - 3 は、さらに、コリメータ 6 - 1 とコリメータ 6 - 2 とに固定されている。

20

【 0 0 1 3 】

チャンバ内装置 3 は、ベースウェハ 11 と複数の光回路 12 - 1 ~ 12 - 3 とを備えている。ベースウェハ 11 は、単結晶シリコンから形成され、円板状に形成されている。ベースウェハ 11 は、その円板の周縁にノッチ 14 が形成されている。複数の光回路 12 - 1 ~ 12 - 3 のうちの 1 つの光回路 12 - 1 は、コリメータ 15 - 1 と垂直フォーカサ 16 - 1 と光ファイバ 17 - 1 とを備えている。コリメータ 15 - 1 は、受光出射口 18 - 1 が形成されている。コリメータ 15 - 1 は、受光出射口 18 - 1 に入射した光を、光ファイバ 17 - 1 を介して垂直フォーカサ 16 - 1 に伝送する。コリメータ 15 - 1 は、さらに、光ファイバ 17 - 1 を介して垂直フォーカサ 16 - 1 から伝送された光を平行光線に変換し、その変換された平行光線を受光出射口 18 - 1 から出射する。コリメータ 15 - 1 は、受光出射口 18 - 1 から出射された平行光線に沿う直線が、ベースウェハ 11 が沿う平面に平行である直線に沿うように、ベースウェハ 11 のうちの一方の面上に配置され、ベースウェハ 11 に固定されている。

30

【 0 0 1 4 】

垂直フォーカサ 16 - 1 は、出射受光口 22 - 1 が形成されている。垂直フォーカサ 16 - 1 は、出射受光口 22 - 1 が直線 24 - 1 に交差するように、ベースウェハ 11 のうちのコリメータ 15 - 1 が配置される面上に配置されている。直線 24 - 1 は、ベースウェハ 11 に沿う平面に垂直であり、ベースウェハ 11 の中心 23 から直線 24 - 1 までの距離が所定値に等しくなるように、配置されている。

40

【 0 0 1 5 】

複数の光回路 12 - 1 ~ 12 - 3 のうちの光回路 12 - 2 は、コリメータ 15 - 2 と垂直フォーカサ 16 - 2 と光ファイバ 17 - 2 とを備えている。コリメータ 15 - 2 は、受光出射口 18 - 2 が形成されている。コリメータ 15 - 2 は、受光出射口 18 - 2 に入射した光を、光ファイバ 17 - 2 を介して垂直フォーカサ 16 - 2 に伝送する。コリメータ 15 - 2 は、さらに、光ファイバ 17 - 2 を介して垂直フォーカサ 16 - 2 から伝送された

50

光を平行光線に変換し、その変換された平行光線を受光出射口 18 - 2 から出射する。コリメータ 15 - 2 は、受光出射口 18 - 2 から出射された平行光線に沿う直線が、コリメータ 15 - 1 から出射された平行光線に沿う直線に平行であるように、ベースウェハ 11 のうちのコリメータ 15 - 1 が配置される面上に配置されている。コリメータ 15 - 2 は、さらに、受光出射口 18 - 1 から出射する平行光線が直線 10 - 1 に沿うときに、受光出射口 18 - 2 から出射する平行光線が直線 10 - 2 に沿うように、配置されている。コリメータ 15 - 2 は、ベースウェハ 11 に固定されている。

【0016】

垂直フォーカサ 16 - 2 は、出射受光口 22 - 2 が形成されている。垂直フォーカサ 16 - 2 は、出射受光口 22 - 2 が直線 24 - 2 に交差するように、ベースウェハ 11 のうちのコリメータ 15 - 2 が配置される面上に配置されている。直線 24 - 2 は、直線 24 - 1 に平行であり、中心 23 から直線 24 - 2 までの距離が中心 23 から直線 24 - 1 までの距離と等しくなるように、配置されている。直線 24 - 2 は、さらに、ベースウェハ 11 のうちの直線 24 - 2 に交差する点と中心 23 とを結ぶ直線 25 - 2 がベースウェハ 11 のうちの直線 24 - 1 に交差する点と中心 23 とを結ぶ直線 25 - 1 と 120 度で交差するように配置されている。

10

【0017】

複数の光回路 12 - 1 ~ 12 - 3 のうちの光回路 12 - 3 は、コリメータ 15 - 3 と垂直フォーカサ 16 - 3 と光ファイバ 17 - 3 とを備えている。コリメータ 15 - 3 は、受光出射口 18 - 3 が形成されている。コリメータ 15 - 3 は、受光出射口 18 - 3 に入射した光を、光ファイバ 17 - 3 を介して垂直フォーカサ 16 - 3 に伝送する。コリメータ 15 - 3 は、さらに、光ファイバ 17 - 3 を介して垂直フォーカサ 16 - 3 から伝送された光を平行光線に変換し、その変換された平行光線を受光出射口 18 - 3 から出射する。コリメータ 15 - 3 は、受光出射口 18 - 3 から出射された平行光線に沿う直線が、コリメータ 15 - 1 から出射された平行光線に沿う直線に平行であるように、ベースウェハ 11 のうちのコリメータ 15 - 1 が配置される面上に配置されている。コリメータ 15 - 3 は、さらに、コリメータ 15 - 1 から出射する光が直線 10 - 1 に沿い、かつ、コリメータ 15 - 2 から出射する光が直線 10 - 2 に沿うときに、受光出射口 18 - 3 から出射する光が直線 10 - 3 に沿うように、配置されている。コリメータ 15 - 3 は、ベースウェハ 11 に固定されている。

20

【0018】

垂直フォーカサ 16 - 3 は、出射受光口 22 - 3 が形成されている。垂直フォーカサ 16 - 3 は、出射受光口 22 - 3 が直線 24 - 3 に交差するように、ベースウェハ 11 のうちのコリメータ 15 - 3 が配置される面上に配置されている。直線 24 - 3 は、直線 24 - 1 に平行であり、中心 23 から直線 24 - 3 までの距離が中心 23 から直線 24 - 1 までの距離と等しくなるように、配置されている。直線 24 - 3 は、さらに、ベースウェハ 11 のうちの直線 24 - 3 に交差する点と中心 23 とを結ぶ直線 25 - 3 が直線 25 - 1 と 120 度で交差するように、かつ、直線 25 - 3 が直線 25 - 2 と 120 度で交差するように、配置されている。

30

【0019】

図 2 は、実施形態の位置測定装置 1 の垂直フォーカサ 16 - 1 の一例を示す断面図である。垂直フォーカサ 16 - 1 は、ケース 61 とフェルール 62 とプリズム 63 と集光レンズ 64 とを備えている。ケース 61 は、出射受光口 22 - 1 が形成されている。フェルール 62 は、ケース 61 の内部に配置され、ケース 61 に固定されている。フェルール 62 は、光ファイバ 17 - 1 のうちの垂直フォーカサ 16 - 1 の側の一端の端面 65 がケース 61 の内部のうちの所定の位置に配置されるように、光ファイバ 17 - 1 の一端を固定している。

40

【0020】

プリズム 63 は、プリズム側面 66 とプリズム上面 67 と全反射面 68 とが形成されている。プリズム 63 は、プリズム側面 66 から入射して全反射面 68 を全反射した光がプリ

50

ズム上面 67 から出射するように、かつ、プリズム上面 67 から入射して全反射面 68 を全反射した光がプリズム側面 66 から出射するように、形成されている。プリズム 63 は、プリズム側面 66 が光ファイバ 17-1 の端面 65 に対向するように、かつ、プリズム上面 67 が出射受光口 22-1 に対向するように、ケース 61 の内部に配置され、ケース 61 に固定されている。このため、プリズム 63 のプリズム上面 67 から出射した光は、出射受光口 22-1 を介してケース 61 の外部に出射する。このとき、ケース 61 は、出射受光口 22-1 から出射した光が直線 24-1 に沿うように、配置され、ベースウェハ 11 に固定されている。

【0021】

集光レンズ 64 は、ケース 61 の内部のうちの光ファイバ 17-1 の端面 65 とプリズム 63 のプリズム側面 66 との間に配置され、ケース 61 に固定されている。集光レンズ 64 は、光ファイバ 17-1 の端面 65 から出射された光を集光し、その集光された光をプリズム 63 のプリズム側面 66 に入射する。集光レンズ 64 は、さらに、プリズム 63 のプリズム側面 66 から出射された光を集光し、その集光された光を光ファイバ 17-1 の端面 65 に入射する。

10

【0022】

垂直フォーカサ 16-2 は、垂直フォーカサ 16-1 と同様に形成されている。すなわち、垂直フォーカサ 16-2 は、光ファイバ 17-2 を介してコリメータ 15-2 から伝送された光を出射受光口 22-2 から出射し、出射受光口 22-2 に入射した光を、光ファイバ 17-2 を介してコリメータ 15-2 に伝送する。垂直フォーカサ 16-2 は、さらに、出射受光口 22-2 から出射した光が直線 24-2 に沿うように、配置され、ベースウェハ 11 に固定されている。

20

【0023】

垂直フォーカサ 16-3 は、垂直フォーカサ 16-1 と同様に形成されている。すなわち、垂直フォーカサ 16-3 は、光ファイバ 17-3 を介してコリメータ 15-3 から伝送された光を出射受光口 22-3 から出射し、出射受光口 22-3 に入射した光を、光ファイバ 17-3 を介してコリメータ 15-3 に伝送する。垂直フォーカサ 16-3 は、さらに、出射受光口 22-3 から出射した光が直線 24-3 に沿うように、配置され、ベースウェハ 11 に固定されている。

【0024】

図 3 は、実施形態の位置測定装置 1 の測定器 5 の一例を示すブロック図である。測定器 5 は、図 3 に示されているように、波長掃引型光源 26 とサーキュレータ 27 と光スイッチ 28 と受光器 29 と演算装置 30 とを備えている。波長掃引型光源 26 は、波長が時間とともに変化する光をサーキュレータ 27 に出力する。その光は、ケイ素 Si、石英ガラスを透過する赤外線である。波長掃引型光源 26 は、さらに、クロック信号を演算装置 30 に出力する。サーキュレータ 27 は、波長掃引型光源 26 からサーキュレータ 27 に出力される光を光スイッチ 28 に出力する。サーキュレータ 27 は、さらに、光スイッチ 28 からサーキュレータ 27 に出力される光を受光器 29 に出力する。

30

【0025】

光スイッチ 28 は、複数のモードのうちの 1 つのモードに切り替えられる。光スイッチ 28 は、第 1 モードに切り替えられたときに、サーキュレータ 27 から光スイッチ 28 に出力された光を、光ファイバ 7-1 を介してコリメータ 6-1 に伝送する。光スイッチ 28 は、第 1 モードに切り替えられたときに、さらに、光ファイバ 7-1 を介してコリメータ 6-1 から伝送された光をサーキュレータ 27 に出力する。光スイッチ 28 は、第 2 モードに切り替えられたときに、サーキュレータ 27 から光スイッチ 28 に出力された光を、光ファイバ 7-2 を介してコリメータ 6-2 に伝送する。光スイッチ 28 は、第 2 モードに切り替えられたときに、さらに、光ファイバ 7-2 を介してコリメータ 6-2 から伝送された光をサーキュレータ 27 に出力する。光スイッチ 28 は、第 3 モードに切り替えられたときに、サーキュレータ 27 から光スイッチ 28 に出力された光を、光ファイバ 7-3 を介してコリメータ 6-3 に伝送する。光スイッチ 28 は、第 3 モードに切り替えられ

40

50

たときに、さらに、光ファイバ 7 - 3 を介してコリメータ 6 - 3 から伝送された光をサーキュレータ 2 7 に出力する。

【 0 0 2 6 】

受光器 2 9 は、サーキュレータ 2 7 から受光器 2 9 に出力された光を受光し、光強度データを作成し、光強度データを演算装置 3 0 に出力する。光強度データは、複数の波長に対応する複数の強度を示している。複数の強度のうちのある波長に対応する強度は、受光器 2 9 が受光した光のうちその波長の光の強度を示している。

【 0 0 2 7 】

演算装置 3 0 は、波長掃引型光源 2 6 から出力されたクロック信号と受光器 2 9 から出力された光強度データとに基づいて、光の干渉状態を算出し、光の信号強度の分布を算出する。光の信号強度の分布は、複数の光路長に対応する複数の信号強度を示している。複数の信号強度のうちのある光路長に対応する信号強度は、その光路長の光の強度を示している。演算装置 3 0 は、さらに、光の信号強度の分布に基づいて複数の対象の相互距離を算出する。

10

【 0 0 2 8 】

位置測定装置 1 は、図 4 に示されているように、基板処理装置 3 1 とともに利用される。図 4 は、実施形態の位置測定装置 1 が利用される基板処理装置 3 1 の一例を示す断面図である。基板処理装置 3 1 は、チャンバ 3 2 と載置台 3 3 と上部電極 3 4 と上部電極駆動部 4 4 とを備えている。チャンバ 3 2 の内部には、内部空間 3 5 が形成されている。チャンバ 3 2 は、内部空間 3 5 をチャンバ 3 2 の外部の雰囲気から隔離している。チャンバ 3 2 には、搬出入口 3 6 が形成されている。搬出入口 3 6 は、チャンバ 3 2 の側壁に形成されている。内部空間 3 5 は、搬出入口 3 6 を介して、図示されていないロードロックチャンバに接続されている。搬出入口 3 6 は、図示されていないゲートバルブを介して開放されたり、閉鎖されたりする。チャンバ 3 2 は、このようなロードロックチャンバが設けられることにより、チャンバ 3 2 の内部空間 3 5 が大気解放されることなく、内部空間 3 5 にウェハが搬入されたり、内部空間 3 5 からウェハが搬出されたりされることができる。チャンバ 3 2 は、窓 3 7 を備えている。窓 3 7 は、石英ガラスから形成され、チャンバ 3 2 の側壁に配置されている。ユーザは、窓 3 7 を介して内部空間 3 5 の様子を確認することができる。なお、窓 3 7 を形成する材料は、石英ガラスと異なる他の材料に置換されることができる。その材料は、赤外光を透過する材料であり、その材料としては、サファイヤ、単結晶シリコンが例示される。

20

30

【 0 0 2 9 】

載置台 3 3 は、内部空間 3 5 の下部に配置され、チャンバ 3 2 の底部に設置されている。載置台 3 3 は、支持台 3 8 と静電チャック 3 9 と基台 4 0 とを備えている。支持台 3 8 は、絶縁体から形成され、チャンバ 3 2 に支持されている。基台 4 0 は、導体から形成され、支持台 3 8 の上側に配置され、チャンバ 3 2 から電氣的に絶縁されるように、支持台 3 8 を介してチャンバ 3 2 に支持されている。静電チャック 3 9 は、基台 4 0 が支持台 3 8 と静電チャック 3 9 との間に配置されるように、基台 4 0 の上側に配置され、支持台 3 8 と基台 4 0 とを介してチャンバ 3 2 に支持されている。静電チャック 3 9 は、載置台 3 3 に適切に載置されるウェハをクーロン力により保持する。このとき、窓 3 7 は、載置台 3 3 のうちのウェハが載置される面に沿う平面に重なるように、配置されている。

40

【 0 0 3 0 】

上部電極 3 4 は、シリコンに例示される導電性部材により形成され、円板状に形成されている。上部電極 3 4 は、載置台対向面 4 1 と裏面 4 2 とが形成されている。上部電極 3 4 は、載置台対向面 4 1 が載置台 3 3 に対向するように、内部空間 3 5 の上部に配置されている。上部電極 3 4 は、チャンバ 3 2 から電氣的に絶縁されるように、上部電極駆動部 4 4 を介して、チャンバ 3 2 に支持されている。上部電極駆動部 4 4 は、上部電極 3 4 が載置台 3 3 に接近したり、上部電極 3 4 が載置台 3 3 から遠ざかったりするように、チャンバ 3 2 に対して上部電極 3 4 を上下方向に移動させる。このとき、基台 4 0 は、上部電極 3 4 に対する下部電極として利用される。

50

【 0 0 3 1 】

基板処理装置 3 1 は、プラズマエッチング処理に例示される基板処理に利用される。たとえば、被処理体となるウェハは、搬出入口 3 6 が開放されているときに、搬出入口 3 6 を介してロードロックチャンバからチャンバ 3 2 の内部空間 3 5 に搬入され、載置台 3 3 に載置され、クーロン力により静電チャック 3 9 に保持される。ウェハが静電チャック 3 9 に保持された後に、搬出入口 3 6 は、閉鎖され、内部空間 3 5 は、所定の雰囲気になるように調整される。内部空間 3 5 が所定の雰囲気に調整された後に、載置台 3 3 の支持台 3 8 と上部電極 3 4 との間には、高周波が供給される。内部空間 3 5 には、支持台 3 8 と上部電極 3 4 との間に高周波が供給されることにより、プラズマが発生する。載置台 3 3 に載置されているウェハは、内部空間 3 5 に発生したプラズマによりエッチングされる。窓 3 7 は、たとえば、内部空間 3 5 で処理されるウェハの状態をチャンバ 3 2 の外部から確認することに利用される。ウェハがエッチングされた後に、搬出入口 3 6 が開放され、搬出入口 3 6 を介してウェハが内部空間 3 5 からロードロックチャンバに搬出される。

10

【 0 0 3 2 】

[位置測定方法]

実施形態の位置測定方法は、既述の位置測定装置 1 を用いて実行される。位置測定方法では、まず、搬出入口 3 6 が開放されているときに、図 5 に示されているように、ロードロックチャンバに設けられるロボットハンド 5 1 により、ロードロックチャンバからチャンバ 3 2 の内部空間 3 5 にチャンバ内装置 3 が搬入される。図 5 は、実施形態の位置測定装置 1 のチャンバ内装置 3 が基板処理装置 3 1 の内部空間 3 5 に搬入されるとき

20

【 0 0 3 3 】

チャンバ内装置 3 は、内部空間 3 5 に搬入された後に、図 6 に示されているように、載置台 3 3 に載置される。図 6 は、実施形態の位置測定装置 1 のチャンバ内装置 3 が載置台 3 3 に適切に載置されたときのチャンバ 3 2 の一例を示す断面図である。このとき、チャンバ内装置 3 は、ベースウェハ 1 1 のノッチ 1 4 が所定の位置に配置されるように、載置台 3 3 に適切に載置される。複数のコリメータ 1 5 - 1 ~ 1 5 - 3 は、チャンバ内装置 3 が載置台 3 3 に適切に載置されることにより、窓 3 7 を介して、複数の受光出射口 1 8 - 1 ~ 1 8 - 3 からそれぞれ出射する複数の光をチャンバ 3 2 の外部に出射することができる。チャンバ内装置 3 は、載置台 3 3 に適切に載置された状態で、静電チャック 3 9 に保持される。

30

【 0 0 3 4 】

さらに、チャンバ外装置 2 の複数のコリメータ 6 - 1 ~ 6 - 3 は、適切に配置され、チャンバ 3 2 に固定される。複数のコリメータ 6 - 1 ~ 6 - 3 が適切に配置されるときに、コリメータ 6 - 1 から出射される光は、窓 3 7 を介して、コリメータ 1 5 - 1 の受光出射口 1 8 - 1 に入射することができる。このとき、さらに、コリメータ 6 - 2 から出射される光は、窓 3 7 を介して、コリメータ 1 5 - 2 の受光出射口 1 8 - 2 に入射することができる。さらに、コリメータ 6 - 3 から出射される光は、窓 3 7 を介して、コリメータ 1 5 - 3 の受光出射口 1 8 - 3 に入射することができる。

40

【 0 0 3 5 】

複数のコリメータ 6 - 1 ~ 6 - 3 とチャンバ内装置 3 とが適切に配置された後に、測定器 5 は、光ファイバ 7 - 1 を介してコリメータ 6 - 1 に光を出力する。測定器 5 からコリメータ 6 - 1 に出力された光は、コリメータ 6 - 1 により、平行光線に変換され、出射受光口 8 - 1 から出射される。コリメータ 6 - 1 から出射された光は、窓 3 7 を透過し、コリメータ 1 5 - 1 の受光出射口 1 8 - 1 に入射する。受光出射口 1 8 - 1 に入射した光は、光ファイバ 1 7 - 1 を介して垂直フォーカサ 1 6 - 1 に伝送される。

【 0 0 3 6 】

図 7 は、垂直フォーカサ 1 6 - 1 に伝送された光の光路の一例を示す断面図である。光フ

50

アイバ 17 - 1 を介して垂直フォーカサ 16 - 1 に伝送された光は、集光レンズ 64 により集光され、プリズム 63 のプリズム側面 66 に入射する。プリズム 63 のプリズム側面 66 に入射した光は、全反射面 68 を全反射し、全反射面 68 からプリズム上面 67 に入射する。全反射面 68 からプリズム上面 67 に入射した光の一部は、プリズム上面 67 を反射して、測定器 5 からプリズム上面 67 までの経路を遡って、測定器 5 に伝送される。全反射面 68 からプリズム上面 67 に入射した光のうちの他の一部は、プリズム上面 67 から垂直フォーカサ 16 - 1 の出射受光口 22 - 1 に出射され、出射受光口 22 - 1 から直線 24 - 1 に沿って上部電極 34 に向かって出射される。

【 0037 】

出射受光口 22 - 1 から出射した光は、上部電極 34 の載置台対向面 41 のうちの直線 24 - 1 と交差する領域に入射する。上部電極 34 の載置台対向面 41 に入射した光の一部は、載置台対向面 41 で反射して、測定器 5 から載置台対向面 41 までの経路を遡って、測定器 5 に伝送される。載置台対向面 41 に入射した光のうちの他の一部は、上部電極 34 を透過して、上部電極 34 の裏面 42 に入射する。上部電極 34 の裏面 42 に入射した光の一部は、裏面 42 で反射して、測定器 5 から裏面 42 までの経路を遡って、測定器 5 に伝送される。上部電極 34 の裏面 42 に入射した光のうちの他の一部は、裏面 42 からさらに上部に向かって出射する。

【 0038 】

測定器 5 の受光器 29 は、プリズム 63 のプリズム上面 67 と上部電極 34 の載置台対向面 41 と裏面 42 とを反射した光が測定器 5 に伝送されると、その光における波長に対する強度の分布を測定する。図 8 は、プリズム 63 のプリズム上面 67 と上部電極 34 の載置台対向面 41 と裏面 42 とを反射して測定器 5 に伝送された光における波長に対する強度の分布の一例を示すグラフである。測定器 5 の演算装置は、所定の部位を反射して測定器 5 に伝送された光の強度の分布と、波長掃引型光源 26 から出力される光の強度の分布とに基づいて、 $1/2$ 光路長に対する信号強度の分布を算出する。図 9 は、波長掃引型光源 26 から出力される光における波長に対する強度の分布の一例を示すグラフである。図 10 は、測定器 5 に伝送された光を解析して得られた $1/2$ 光路長に対する信号強度の分布の一例を示すグラフである。図 10 のグラフは、信号強度の分布に複数のピークが形成されていることを示している。複数のピークは、複数の測定対象に対応している。複数の測定対象の各々は、2つの反射面に挟まれた部分を示している。測定対象としては、プリズム 63 のプリズム上面 67 と上部電極 34 の載置台対向面 41 との間の距離、上部電極 34 のうちの載置台対向面 41 と裏面 42 との間の距離が例示される。測定器 5 の演算装置 30 は、信号強度の分布に形成される複数のピークに対応する複数の $1/2$ 光路長を算出する。

【 0039 】

演算装置 30 は、さらに、複数の $1/2$ 光路長に複数の測定対象を対応付ける。複数の $1/2$ 光路長のうちのある測定対象に対応付けられた $1/2$ 光路長は、その測定対象を往復する光の光路長の半分を示している。測定器 5 の演算装置 30 は、さらに、ある測定対象に対応付けられた $1/2$ 光路長と、その測定対象の屈折率とに基づいて、その測定対象の距離（厚さ）を算出する。その測定対象の距離は、その測定対象に対応する $1/2$ 光路長を、その測定対象の屈折率で除算した値に等しい。たとえば、上部電極 34 の厚さ d_1 は、上部電極 34 のうちの載置台対向面 41 と裏面 42 との間に対応付けられた $1/2$ 光路長 $d_1 n_1$ を、上部電極 34 の屈折率 n_1 で除算することにより算出される。プリズム 63 のプリズム上面 67 と上部電極 34 の載置台対向面 41 との間の距離 d_2 は、その間に対応付けられた $1/2$ 光路長を、その間に充填される気体の屈折率（ n ）で除算することにより算出される。演算装置 30 は、このようにして、プリズム 63 のプリズム上面 67 と上部電極 34 の載置台対向面 41 との間の距離を算出する。演算装置 30 は、さらに、上部電極 34 のうちの載置台対向面 41 と裏面 42 との間の距離、すなわち、上部電極 34 のうちの直線 24 - 1 に交差する部分の厚さを算出する。

【 0040 】

10

20

30

40

50

次いで、測定器 5 は、出射受光口 8 - 2 から平行光線を出射し、出射受光口 8 - 2 に入射した光に基づいて複数の測定対象の距離を算出する。その複数の測定対象は、垂直フォーカサ 16 - 2 のプリズム 63 のプリズム上面 67 と上部電極 34 の載置台対向面 41 のうちの直線 24 - 2 に交差する部分との間の距離と、上部電極 34 のうちの直線 24 - 2 に交差する部分の厚さとを含んでいる。次いで、測定器 5 は、出射受光口 8 - 3 から平行光線を出射し、出射受光口 8 - 3 に入射した光に基づいて複数の測定対象の距離を算出する。その複数の測定対象は、垂直フォーカサ 16 - 3 のプリズム 63 のプリズム上面 67 と上部電極 34 の載置台対向面 41 のうちの直線 24 - 3 に交差する部分との間の距離と、上部電極 34 のうちの直線 24 - 3 に交差する部分の厚さとを含んでいる。

【0041】

チャンバ内装置 3 は、これらの測定対象の距離が測定された後に、搬出入口 36 を介してロボットハンド 51 によりチャンバ 32 の内部空間 35 からロードロックチャンバにチャンバ内装置 3 が搬出される。チャンバ外装置 2 は、これらの距離が測定された後に、複数のコリメータ 6 - 1 ~ 6 - 3 がチャンバ 32 から取り外される。

【0042】

このような位置測定方法によれば、チャンバ 32 の内部空間 35 を大気解放することなく、上部電極 34 のうちの複数の所定の部位の位置を容易に測定することができる。ユーザは、その測定された複数の距離に基づいて載置台 33 と上部電極 34 との間の距離を算出することができる。ユーザは、その測定された複数の距離に基づいて、さらに、載置台 33 のうちのチャンバ内装置 3 が載置される載置面が沿う平面と上部電極 34 の載置台対向面 41 または裏面 42 が沿う平面との平行度を算出することができる。ユーザは、その測定された複数の距離に基づいて、さらに、上部電極 34 のうちの複数の部位の厚さを算出することができる。ユーザは、このような位置測定方法を間欠的に実行することにより、上部電極 34 の厚さの経時変化を算出することができ、上部電極 34 の摩耗量を算出することができる。

【0043】

図 11 は、距離測定試験における測定長と上部電極駆動距離との関係の一例を示すグラフである。距離測定試験では、上部電極駆動部 44 を用いて上部電極 34 が複数の位置に配置される毎に、既述の位置測定方法により、垂直フォーカサ 16 - 1 のプリズム上面 67 から、載置台対向面 41 のうちの直線 24 - 1 に交差する部分までの距離が測定される。図 11 のグラフは、複数の上部電極駆動距離を複数の測定長に対応付けている。複数の上部電極駆動距離の各々は、上部電極駆動部 44 により上部電極 34 が所定の基準位置から上下方向に移動した距離を示し、上部電極 34 と載置台 33 との間の距離に対応している。複数の測定長のうちのある上部電極駆動距離に対応する測定長は、上部電極 34 がその上部電極駆動距離に対応する位置に配置されたときに、プリズム上面 67 から載置台対向面 41 までの距離について既述の位置測定方法により測定された測定値を示している。

【0044】

図 11 のグラフは、上部電極駆動距離に対する測定長を近似する回帰式を示す直線の傾きが 1 に概ね等しいことを示し、既述の位置測定方法により測定された測定長が、概ね確からしいことを示している。さらに、位置測定方法により測定された複数の測定長の標準偏差を用いて算出される測定長の安定性 3 は、 $35 \mu\text{m}$ 以下であり、このことは、位置測定方法が安定して測定長を測定することができることを示している。

【0045】

[位置測定装置の効果]

実施形態の位置測定装置 1 は、チャンバ外装置 2 とベースウェハ 11 と光回路 12 - 1 とを備えている。チャンバ外装置 2 は、内部空間 35 が形成されるチャンバ 32 に形成される窓 37 を介してチャンバ 32 の外部から内部空間 35 に出射光を出射する。ベースウェハ 11 は、内部空間 35 に配置される載置台 33 に載置される。光回路 12 - 1 は、ベースウェハ 11 に固定され、出射光が沿う直線 10 - 1 と平行でない直線 24 - 1 に沿う入射光にその出射光を変換し、その入射光が入射された対象を反射した反射光を、直線 10

10

20

30

40

50

- 1 に沿う測定光に変換する。直線 10 - 1 は、「第 1 直線」の一例であり、直線 24 - 1 は、「第 2 直線」の一例である。チャンバ外装置 2 は、窓 37 を介してその測定光を受光する。このような位置測定装置 1 は、チャンバ 32 の内部空間 35 を大気解放することなく、上部電極 34 に例示される対象の位置を容易に測定することができる。

【0046】

また、実施形態の位置測定装置 1 の光回路 12 - 1 は、その出射光を第 1 伝送光に集光するコリメータ 15 - 1 と、その第 1 伝送光を垂直フォーカサ 16 - 1 に伝送する光ファイバ 17 - 1 とを備えている。コリメータ 15 - 1 は、「第 1 光学機器」の一例であり、垂直フォーカサ 16 - 1 は、「第 2 光学機器」の一例である。垂直フォーカサ 16 - 1 は、その第 1 伝送光をその出射光に変換し、その反射光を第 2 伝送光に変換する。光ファイバ 17 - 1 は、さらに、その第 2 伝送光をコリメータ 15 - 1 に伝送する。コリメータ 15 - 1 は、その第 2 伝送光をその測定光に変換する。このような位置測定装置 1 は、コリメータ 15 - 1 と垂直フォーカサ 16 - 1 とをベースウェハ 11 のうちの互いに異なる 2 つの位置にそれぞれ配置することができる。

【0047】

また、実施形態の位置測定装置 1 は、ベースウェハ 11 に固定される光回路 12 - 2 と、ベースウェハ 11 に固定される光回路 12 - 3 とをさらに備えている。光回路 12 - 2 は、「第 1 光回路」の一例であり、光回路 12 - 3 は、「第 2 光回路」の一例である。光回路 12 - 2 は、チャンバ外装置 2 から出射されて直線 10 - 2 に沿う出射光を、直線 24 - 2 に沿う入射光に変換し、上部電極 34 を反射した反射光を、直線 10 - 2 に沿う測定光に変換する。直線 10 - 2 は、「第 3 直線」の一例であり、直線 24 - 2 は、「第 4 直線」の一例である。光回路 12 - 3 は、チャンバ外装置 2 から出射されて直線 10 - 3 に沿う出射光を、直線 24 - 3 に沿う入射光に変換し、上部電極 34 を反射した反射光を、直線 10 - 3 に沿う測定光に変換する。直線 10 - 3 は、「第 5 直線」の一例であり、直線 24 - 3 は、「第 6 直線」の一例である。このような位置測定装置 1 は、チャンバ内装置 3 が載置台 33 に載置された状態で、上部電極 34 のうちの複数の部位の位置を測定することができる。

【0048】

また、実施形態の位置測定装置 1 のチャンバ外装置 2 は、複数のコリメータ 6 - 1 ~ 6 - 3 を備えている。コリメータ 6 - 1 は、「第 1 出射受光部」の一例であり、コリメータ 6 - 2 は、「第 2 出射受光部」の一例であり、コリメータ 6 - 3 は、「第 3 出射受光部」の一例である。このとき、コリメータ 6 - 2 とコリメータ 6 - 3 とは、コリメータ 6 - 1 に固定されている。このような位置測定装置 1 は、コリメータ 6 - 1 とコリメータ 6 - 2 とコリメータ 6 - 3 とを容易に位置合わせすることができる。

【0049】

ところで、既述の複数の垂直フォーカサ 16 - 1 ~ 16 - 3 は、1 つの直線に重ならないように配置されているが、1 つの直線に重なるように配置されてもよい。このとき、位置測定装置 1 は、上部電極 34 の平行度を適切に測定することができないことがあるが、上部電極 34 の載置台対向面 41 または裏面 42 が屈曲している程度を示す歪み量（平坦度）を測定することができる。

【0050】

ところで、既述のチャンバ内装置 3 は、複数の光回路 12 - 1 ~ 12 - 3 を備えているが、他の複数の光回路をさらに備えてもよい。その複数の光回路の各々は、光回路 12 - 1 と同様に、コリメータと垂直フォーカサと光ファイバとを備えている。コリメータは、複数のコリメータ 15 - 1 ~ 15 - 3 がチャンバ外装置 2 の光を受光できる状態から回転することにより、チャンバ外装置 2 の光を受光できるように配置されている。その複数の垂直フォーカサは、たとえば、ベースウェハ 11 の中心 23 との間の距離が、複数の垂直フォーカサ 16 - 1 ~ 16 - 3 と中心 23 との間の距離と異なっている。このとき、位置測定装置 1 は、載置台 33 に載置されたチャンバ内装置 3 を回転させることにより、上部電極 34 のうちのさらに多くの部位の位置を測定することができる。

【 0 0 5 1 】

ところで、既述のチャンバ外装置 2 は、複数のコリメータ 6 - 1 ~ 6 - 3 を備えているが、1 つのコリメータ 6 - 1 以外のコリメータ 6 - 2、6 - 3 が省略されてもよい。この場合でも、位置測定装置 1 は、チャンバ 3 2 の内部空間 3 5 を大気解放することなく、上部電極 3 4 に例示される対象の位置を容易に測定することができる。

【 0 0 5 2 】

なお、コリメータ 6 - 1 は、コリメータと異なる他の光学機器から形成されてもよい。その光学機器としては、フォーカサが例示される。このとき、フォーカサは、光ファイバ 7 - 1 を介して測定器 5 から伝送される光を集光し、その集光された集光光線を出射受光口 8 - 1 から出射する。フォーカサは、さらに、出射受光口 8 - 1 に入射する光を集光し、光ファイバ 7 - 1 を介して、その集光された集光交線を測定器 5 に伝送する。コリメータ 6 - 2 とコリメータ 6 - 3 も、コリメータ 6 - 1 と同様に、他の光学機器から形成されてもよい。位置測定装置は、複数のコリメータ 6 - 1 ~ 6 - 3 が他の光学機器に置換された場合でも、同様に、対象の位置を容易に測定することができる。

10

【 0 0 5 3 】

また、コリメータ 1 5 - 1 は、コリメータと異なる他の光学機器から形成されてもよい。その光学機器としては、フォーカサが例示される。このとき、フォーカサは、受光出射口 1 8 - 1 に入射する光を集光し、光ファイバ 1 7 - 1 を介して、その集光された集光交線を垂直フォーカサ 1 6 - 1 に伝送する。フォーカサは、さらに、光ファイバ 1 7 - 1 を介して垂直フォーカサ 1 6 - 1 から伝送される光を集光し、その集光された集光光線を受光出射口 1 8 - 1 から出射する。コリメータ 1 5 - 2 とコリメータ 1 5 - 3 も、コリメータ 1 5 - 1 と同様に、他の光学機器から形成されてもよい。位置測定装置は、複数のコリメータ 1 5 - 1 ~ 1 5 - 3 が他の光学機器に置換された場合でも、同様に、対象の位置を容易に測定することができる。

20

【 0 0 5 4 】

また、光ファイバ 1 7 - 1 は、光ファイバと異なる他の光伝送部から形成されてもよい。その光伝送部としては、光導波路、ミラーを用いた光学系が例示される。光ファイバ 1 7 - 2 と光ファイバ 1 7 - 1 も、光ファイバ 1 7 - 1 と同様に、他の光伝送部から形成されてもよい。位置測定装置は、複数の光ファイバ 1 7 - 1 ~ 1 7 - 3 が他の光伝送部に置換された場合でも、同様に、対象の位置を容易に測定することができる。

30

【 0 0 5 5 】

ところで、既述のベースウェハ 1 1 は、単結晶シリコンから形成されているが、内部空間 3 5 に配置されても基板処理に悪影響を及ぼさない他の材料から形成されてもよい。その材料としては、SiC、石英、セラミックスが例示される。また、ベースウェハ 1 1 は、ノッチ 1 4 が形成されているが、オリエンテーションフラットが形成されてもよい。この場合も、チャンバ内装置 3 は、複数の受光出射口 1 8 - 1 ~ 1 8 - 3 からそれぞれ出射する複数の光が窓 3 7 を介してチャンバ 3 2 の外部に出射されるように、オリエンテーションフラットを用いて、載置台 3 3 に適切に載置されることができる。

【 0 0 5 6 】

今回開示された実施形態は、すべての点で例示であって、制限的なものではないと考えられるべきである。上記の実施形態は、添付の請求の範囲およびその主旨を逸脱することなく、様々な形体で省略、置換、変更されてもよい。

40

【 符号の説明 】

【 0 0 5 7 】

- 1 : 位置測定装置
- 2 : チャンバ外装置
- 3 : チャンバ内装置
- 5 : 測定器
- 6 - 1 ~ 6 - 3 : 複数のコリメータ
- 7 - 1 ~ 7 - 3 : 複数の光ファイバ

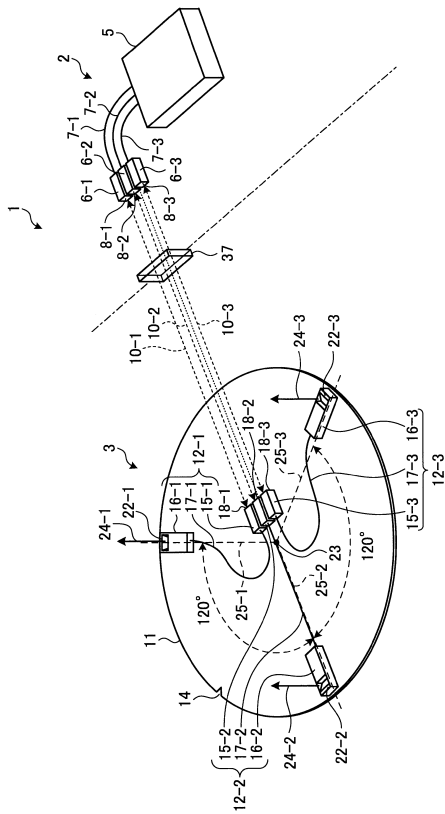
50

- 1 1 : ベースウェハ
- 1 2 - 1 ~ 1 2 - 3 : 複数の光回路
- 1 4 : ノッチ
- 1 5 - 1 ~ 1 5 - 3 : 複数のコリメータ
- 1 6 - 1 ~ 1 6 - 3 : 複数の垂直フォーカサ
- 1 7 - 1 ~ 1 7 - 3 : 複数の光ファイバ
- 3 1 : 基板処理装置
- 3 2 : チャンバ
- 3 3 : 載置台
- 3 7 : 窓

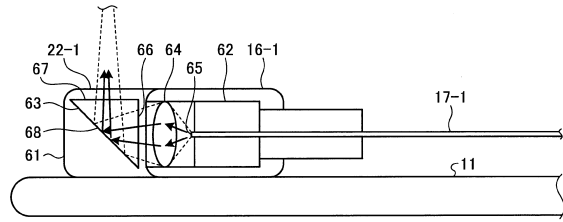
10

【図面】

【図 1】



【図 2】



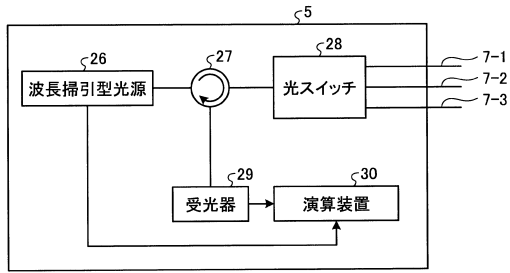
20

30

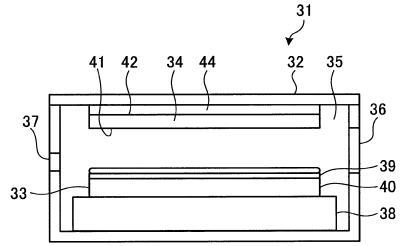
40

50

【図3】

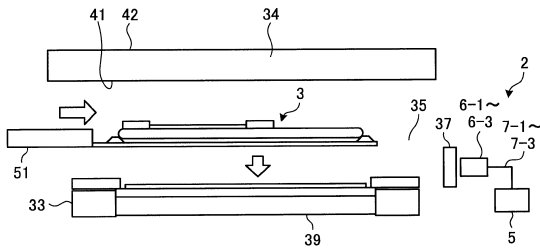


【図4】

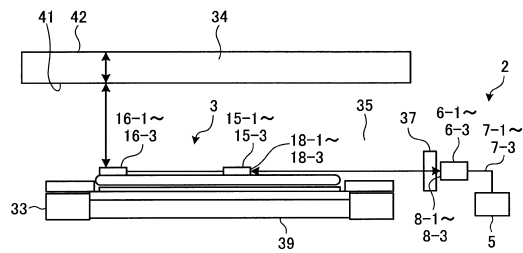


10

【図5】

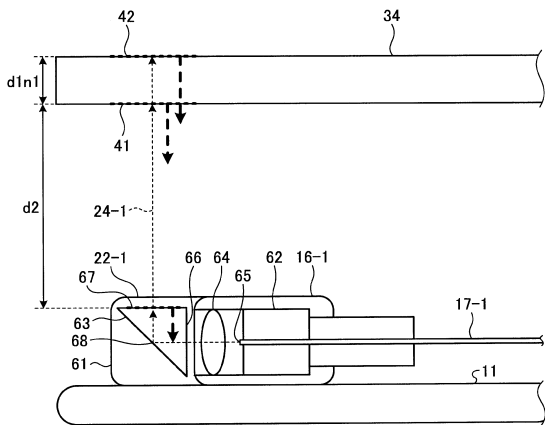


【図6】

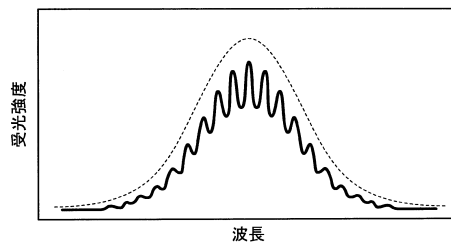


20

【図7】



【図8】

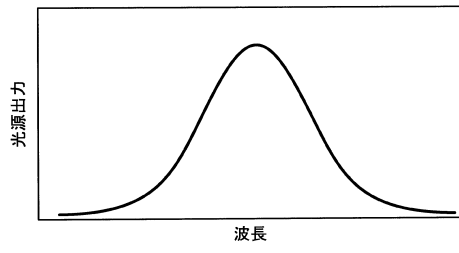


30

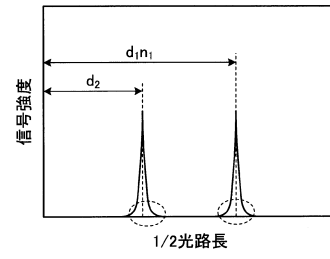
40

50

【 図 9 】

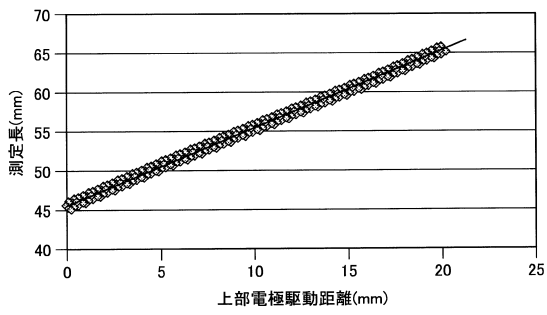


【 図 10 】



10

【 図 11 】



20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2018 - 054500 (JP, A)
特開 2015 - 052537 (JP, A)
米国特許出願公開第 2007 / 0298522 (US, A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G01B 11 / 00 - 11 / 30